

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN VOLUME *OVERBURDEN*
BATUBARA BERDASARKAN DATA SURVEI
DAN *TRUCK COUNT***

(Studi Kasus: Pit LCV PT Kutai Energi, Kabupaten Kutai
Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur)

Disusun dan diajukan oleh:

**ADELIA DWIRISA ANJELINA
D111 19 1039**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PERBANDINGAN VOLUME *OVERBURDEN* BATUBARA BERDASARKAN DATA SURVEI DAN *TRUCK COUNT*

(Studi Kasus: Pit LCV PT Kutai Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara,
Provinsi Kalimantan Timur)

Disusun dan diajukan oleh

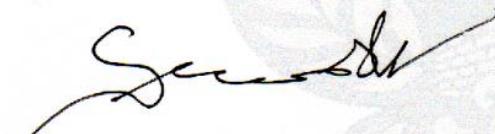
Adelia Dwirisa Anjelina
D111 19 1039

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 11 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

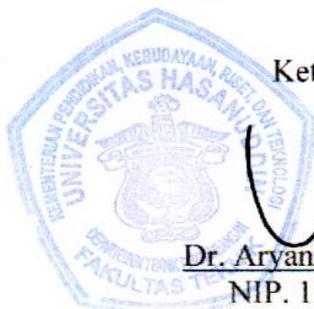
Pembimbing Pendamping,


Dr. phil. Nat. Sri Widodo, ST., MT
NIP 19710101 2010121001


Dr. Ir. Irzal Nur, MT
NIP 19660409 1997031002

Ketua Program Studi,


Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.
NIP. 19701005 2008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Adelia Dwirisa Anjelina

NIM : D111191039

Program Studi : Teknik Pertambangan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Perbandingan Volume *Overburden* Batubara Berdasarkan Data Survei
dan *Truck Count* (Studi Kasus: Pit LCV PT Kutai Energi, Kabupaten Kutai
Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 06 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Adelia Dwirisa Anjelina
D111191039

ABSTRAK

ADELIA DWIRISA ANJELINA. *Analisis Perbandingan Volume Overburden Batubara Berdasarkan Data Survei dan Truck Count (Studi Kasus: Pit LCV PT Kutai Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur)* (dibimbing oleh Sri Widodo dan Irzal Nur)

Sistem penambangan yang digunakan pada tambang batubara umumnya terdiri dari 2 (dua), yaitu menggunakan sistem penambangan terbuka (*surface mining*) dan penambangan bawah tanah (*underground mining*). Pada penambangan terbuka metode perhitungan volume *overburden* dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu metode pengukuran survei menggunakan *total station* dan metode *truck count*. Dalam melakukan operasi penambangan, PT Kutai Energi bekerja sama dengan PT Berkat Anugrah Sejahtera untuk mengelola pit LCV sehingga setiap akhir bulan akan dilakukan kegiatan rekonsiliasi atau proses penyesuaian data dari kedua perusahaan tersebut. Umumnya terdapat perbedaan hasil produksi antara data yang dikumpulkan oleh *checker* berupa data *truck count* dan data survei yang dikumpulkan oleh tim survei. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis perbandingan antara volume *overburden* batubara yang dihasilkan dari data survei dan *truck count* pada pit LCV. Hasil perhitungan volume material *overburden* berdasarkan pada data hasil survei dan *truck count* di pit LCV pada bulan Januari 2023 terdapat selisih sebesar -168,55 bcm, pada bulan Februari 25.070,79 bcm, dan pada bulan Maret sebesar 32.217,67 bcm. Hasil perhitungan simpangan *overburden* menggunakan data survei dan *truck count* di pit LCV terdapat simpangan sebesar -0,01% pada bulan Januari, 2,33% pada bulan Februari, dan 3,06% pada bulan Maret dengan rata-rata selisih sebesar 1,79%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan volume *overburden* batubara yang signifikan antara data survei dan data *truck count*. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti ketidakakuratan pengukuran, perbedaan metode pengukuran, dan faktor lingkungan.

Kata Kunci: Survei, *Overburden*, *Truck count*, Batubara

ABSTRACT

ADELIA DWIRISA ANJELINA. *Comparison Analysis of Overburden Volume in Coal Mining Based on Survey and Truck Count Data (Case Study: LCV Pit, PT Kutai Energi, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province)* (supervised by Sri Widodo and Irzal Nur)

The mining system used in coal mines generally consists of two methods, namely surface mining and underground mining. In surface mining, the calculation of overburden volume is done in two ways: survey measurement using a total station and truck count method. In carrying out mining operations, PT Kutai Energi collaborates with PT Berkas Anugrah Sejahtera to manage the LCV pit, so that at the end of each month there will be reconciliation activities or data adjustment processes are carried out between the two companies. In general, there are differences in production results between the data collected by the checkers in the form of truck count data and the survey data collected by the survey team. The method used in this research is a comparative analysis between the volume of coal overburden generated from the survey and the truck count data at the LCV pit. The results of the material volume calculation based on survey and truck count data in the LCV pit in January 2023 show a difference of -168.55 bcm, in February 25,070.79 bcm, and in March 32,217.67 bcm. The results of calculating the overburden deviation using survey data and truck count data in the pit LCV show a deviation of -0.01% in January, 2.33% in February, and 3.06% in March with an average difference of 1.79%. The research results indicate there were significant differences in coal overburden volume between the survey data and the truck count data. This can be caused by several factors such as measurement inaccuracies, differences in measurement methods, and environmental factors.

Keywords: Survey, Overburden, Truck count, Coal

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Survei.....	5
2.2 Metode <i>Tachymetri</i>	6
2.3 <i>Total Station</i>	10
2.4 Tanah Penutup (<i>Overburden</i>).....	12
2.5 Faktor Pengembangan Material (<i>Swell Factor</i>).....	17
2.6 Peralatan Pemindahan Tanah Mekanis.....	19
2.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pemindahan Tanah Mekanis.....	21
2.8 Taksiran Produktivitas.....	22
2.9 Metode Perhitungan Volume <i>Overburden</i>	25
2.10 Deviasi.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	28
3.2 Metode Penelitian.....	29
3.3 Alat Penelitian.....	29
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.5 Teknik Analisis.....	30
3.6 Sumber Data.....	31
3.7 Pengolahan Data.....	32
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Hasil Perhitungan Volume <i>Overburden</i>	39
4.2 Perhitungan Deviasi Volume <i>Overburden</i>	41
4.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Selisih Hasil Perhitungan Volume <i>Overburden</i>	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Metode <i>tachymetri</i> (Purwaamijaya, 2008)	9
Gambar 2. Alat ukur <i>total station</i> dalam berbagai model (Bahuguna <i>et al.</i> , 2006)	12
Gambar 3. Tempat penyimpanan <i>overburden (disposal area)</i> pit LCV	14
Gambar 4. Kegiatan <i>overburden removal</i> di PT Kutai Energi	16
Gambar 5. <i>Excavator bucket</i> tunggal: a) <i>power shovel</i> ; b) <i>backhoe</i> ; c) <i>dragline</i>	20
Gambar 6. Ilustrasi struktur dan tampilan pada <i>dump truck</i> tambang (Zhao <i>et al.</i> , 2012)	21
Gambar 7. Peta lokasi PT Kutai Energi	28
Gambar 8. Kegiatan pengambilan data survei	30
Gambar 9. Data survei yang berasal dari <i>total station</i> dalam format SDR	33
Gambar 10. Data survei setelah diolah menggunakan <i>software Microsoft Excel</i> 2013	34
Gambar 11. Data survei sebelum ditambahkan <i>string</i> pada <i>Minescape 5.7</i>	34
Gambar 12. Pemasangan <i>string</i>	35
Gambar 13. Pembuatan <i>boundary</i>	35
Gambar 14. Pembuatan DTM	36
Gambar 15. Data <i>truck count</i> sebelum diolah	37
Gambar 16. Pengolahan data <i>truck count</i>	37
Gambar 17. Diagram alir penelitian	38
Gambar 18. Grafik perbandingan antara volume survei dengan <i>truck count</i>	41
Gambar 19. Material yang menempel pada <i>vessel dumptruck</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai faktor pengembangan (<i>swell factor</i>)	18
Tabel 2. Contoh data survei	31
Tabel 3. Contoh data <i>truck count</i>	32
Tabel 4. Volume <i>overburden</i> dari data survei.....	39
Tabel 5. Volume <i>overburden</i> dari data <i>truck count</i>	40
Tabel 6. Volume <i>overburden</i> berdasarkan data survei dan <i>truck count</i> pit LC	40
Tabel 7. Selisih volume <i>overburden</i> berdasarkan data survei dan <i>truck count</i>	41
Tabel 8. Hasil perhitungan deviasi volume <i>overburden</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh Data Survei	53
Lampiran 2 Data <i>Truck Count</i> Bulan Januari – Maret 2023	55
Lampiran 3 Spesifikasi Alat Ukur <i>Total Station</i>	57
Lampiran 4 Spesifikasi Alat Gali Muat	62
Lampiran 5 Spesifikasi Alat Angkut.....	65

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Perbandingan Volume *Overburden* Batubara Berdasarkan Data Survei dan *Truck Count*” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dan diajukan sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan tugas akhir ini terdapat banyak kendala, namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak serta izin dari Tuhan Yang Maha Esa, penulis dapat mengatasi dan melalui kendala-kendala tersebut.

Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis berterima kasih kepada Bapak Widya Habsara selaku kepala teknik tambang (KTT) PT Kutai Energi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan kegiatan kerja praktik. Juga kepada Bapak Desky Kurniawan Akin, *Engineering Drilling and Blasting* di PT. Berkat Anugerah Sejahtera, yang telah banyak membantu penulis selama kegiatan penelitian berlangsung. Bapak Andi Saharuddin selaku *pit control* dan Bapak Ramlan Dwi Ahmad selaku *foreman survey* PT Kutai Energi yang senantiasa terbuka dan membantu penulis selama kegiatan penelitian.

Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST.,MT., selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin, segenap dosen serta staf administrasi di Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi penulis. Khususnya kepada Bapak Dr. Phil.nat. Sri Widodo, ST., MT., dan Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan serta bimbingan selama penyusunan laporan tugas akhir.

Teman-teman Teknik Pertambangan 2019 (IGNEOUZ) yang senantiasa memberi semangat dan bantuan dalam penyusunan laporan kerja praktik. Khususnya saudari Nur Anisa A.M Panusu, Cynthia Bella Pratiwi, Salman, Andi Suci Pujiastuti yang selalu berkenan membantu penulis. Serta semua teman-teman yang pada kesempatan ini belum bisa penulis sebutkan namanya satu persatu.

Sahabat-sahabat terdekat penulis, Dheva Dhelvia dan Ayu Amelia yang senantiasa mendukung dan mendengar curahan hati penulis utamanya selama kegiatan penelitian dan penyusunan berlangsung. Terima kasih karena telah setia mendengar cerita penting dan tidak penting penulis. Penulis bersyukur memiliki sahabat seperti kalian.

Kedua orang tua penulis, Bapak Pinius Pinang dan Ibu Yosepine Pasiakan (Almh), saudara Agung Lorencius Tiku, serta seluruh anggota keluarga besar penulis yang tidak pernah berhenti memberi doa serta dukungan baik dalam bentuk moril dan materil demi kelancaran penelitian penulis.

Kritik dan saran yang membangun penulis harapkan agar bisa menjadikan laporan ini jauh lebih baik kedepannya. Akhir kata, semoga laporan ini dapat

bermanfaat bagi para pembaca, baik untuk pihak perusahaan maupun bagi pembaca yang sedang menempuh bidang ilmu yang sama dengan penulis.

Gowa, 06 Oktober 2023

Adelia Dwirisa Anjelina

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Berkat Anugerah Sejahtera merupakan salah satu perusahaan kontraktor yang bergerak dalam bidang penyediaan jasa pertambangan kepada pemilik tambang batubara di Provinsi Kalimantan Timur salah satunya PT Kutai Energi. Sistem penambangan yang umum digunakan pada penambangan batubara adalah sistem tambang terbuka (*surface mining*). Untuk menunjang kegiatan penambangan batubara, PT Berkat Anugerah Sejahtera menggunakan metode survei untuk mengetahui jarak dan elevasi maupun ketinggian dari area penggaliannya.

Kegiatan survei pada usaha pertambangan merupakan kegiatan pendukung yang sangat penting, baik pada tahap persiapan (eksplorasi) (Rizky dkk, 2018). Pada tahap kegiatan survei sangat berguna untuk pembuatan peta dasar peta topografi daerah tambang yang akan digunakan untuk mengetahui sebaran atau cebakan dari bahan galian serta bentuk/roman permukaan bumi sebelum kegiatan penambangan dilakukan. Informasi dan data yang diperoleh dari kegiatan survei tersebut nantinya akan diolah menjadi data utama yang merupakan dasar pembuatan rancangan tambang (*mine design*) dan penentuan lokasi yang akan di tambang. Dari desain tersebut dapat diketahui jumlah volume dari bahan galian yang akan tertambang serta jumlah volume lapisan tanah penutup (*overburden*) yang harus dipindahkan. Pada saat kegiatan eksploitasi juga dilakukan survei yaitu dengan tujuan mengevaluasi kemajuan dari tambang atau untuk mengetahui total volume dari bahan galian yang telah ditambang atau *overburden* yang telah dipindahkan serta sisa cadangan dari bahan galian yang belum tergali (Kurnia dkk, 2015).

Perbandingan volume *overburden* di pertambangan batubara berdasarkan data survei dan jumlah truk merupakan aspek penting dalam operasi penambangan. Dua metode yang umum digunakan untuk menghitung volume *overburden* pada penambangan terbuka batubara adalah metode *cut and fill* dan metode *truck count* (Hasvah dan Maiyudi, 2021). Metode *cut and fill* melibatkan pengukuran langsung menggunakan alat seperti *total station*. Sedangkan metode *truck count*

mengandalkan penghitungan jumlah truk yang digunakan untuk mengangkut material *overburden*.

Tujuan membandingkan volume *overburden* dengan menggunakan kedua metode tersebut untuk menilai akurasi dan keandalan masing-masing metode. Perbandingan ini dapat membantu perusahaan pertambangan menentukan metode mana yang lebih cocok untuk operasi pertambangan spesifik mereka. Pilihan metode dapat berimplikasi pada biaya, efisiensi, dan dampak lingkungan (Keawaram dan Dumrongchai, 2017).

Pada metode *cut and fill*, volume *overburden* dihitung dengan mengukur tinggi dan lebar setiap lapisan material kemudian menjumlahkan volume semua lapisan. Metode ini memberikan estimasi volume *overburden* yang detail dan akurat (Fujiawati, 2015). Namun, ini membutuhkan lebih banyak waktu dan sumber daya dibandingkan dengan metode hitungan truk. Sedangkan metode *truck count* mengandalkan penghitungan jumlah truk yang digunakan untuk mengangkut material *overburden*. Metode ini relatif lebih cepat dan lebih sedikit sumber daya dibandingkan dengan metode *cut and fill*. Namun, mungkin kurang akurat karena potensi kesalahan dalam menghitung truk atau variasi volume material yang diangkut oleh masing-masing truk. Hal ini menyebabkan terdapat perbedaan antara volume *overburden* yang berasal dari data survei dan *truck count* (Hasvah dan Maiyudi, 2021).

Perbedaan yang terjadi ini menyebabkan perhitungan cadangan tahunan tidak sesuai sehingga setiap akhir bulan PT Kutai Energi, selaku owner perusahaan, dan PT Berkat Anugrah Sejahtera, sebagai kontraktor, akan melakukan kegiatan rekonsialisi. Untuk mengetahui jumlah volume material yang sebenarnya maka diperlukan data dari kegiatan survei aktual dan *truck count*. Oleh karena itu, perlunya dilakukan perbandingan antara survei aktual dengan perhitungan *truck count* dengan melakukan penelitian mengenai “Analisis Perbandingan Volume *Overburden* Berdasarkan Data Survei dan Truck Count (Studi Kasus: Pit LCV PT Kutai Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur)”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa hasil perhitungan volume material *overburden* berdasarkan data survei dan *truck count*?
2. Berapa hasil perhitungan deviasi material *overburden* berdasarkan data survei dan data *truck count*?
3. Faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya selisih perhitungan perbandingan volume survei *overburden* dengan data *truck count*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil perhitungan volume material *overburden* berdasarkan data survei dan *truck count*.
2. Mengetahui hasil perhitungan deviasi material *overburden* berdasarkan data survei dan data *truck count*.
3. Menganalisis faktor yang menyebabkan terjadinya selisih perhitungan perbandingan volume survei *overburden* dengan data *truck count*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai cara perhitungan galian *overburden*. Hasil perhitungan tersebut dapat dijadikan acuan dalam kegiatan penambangan, baik sebagai acuan besaran produksi, sistem penambangan, maupun kegiatan penambangan lainnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi dan metode pengukuran yang lebih baik untuk industri pertambangan batubara di Indonesia. Selain itu bisa menjadi bahan referensi bagi peneliti-peneliti dalam bidang studi yang serupa dan sebagai bahan pustaka di Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini akan berfokus pada perbandingan volume *overburden* batubara yang dihasilkan dari data survei yang telah diukur oleh tim survei dan *truck count* yang berasal dari *checker*. Adapun data yang digunakan diambil dari bulan Januari – Maret 2023 pit LCV PT Kutai Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi

Kalimantan Timur. Selanjutnya hasil penelitian digunakan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab perbedaan volume *overburden* batubara antara data survei dan *truck count*, seperti ketidakakuratan pengukuran, perbedaan metode pengukuran, dan faktor lingkungan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Survei

Survei adalah proses penentuan posisi dari perubahan kenampakan alam di atas atau di bawah permukaan bumi dengan penyajian informasi berupa data grafis atau pun numerik. Kegiatan survei umumnya terdiri dari kegiatan pengukuran, perhitungan, pembuatan rencana, dan penentuan lokasi tertentu. Surveyor dapat dipanggil untuk menentukan ketinggian dan jarak, mengatur bangunan, jembatan dan jalan raya, menentukan luas dan volume serta menggambar denah pada skala yang telah ditentukan (Minchin, 2003).

Secara umum survei dapat dikategorikan dalam 2 (dua) jenis, yaitu (Minchin, 2003):

1. *Plane survey* atau survei meja pesawat merupakan jenis survei yang diperuntukan untuk area dengan luas terbatas dan diasumsikan bahwa permukaan bumi adalah bidang dan oleh karena itu tidak diperlukan koreksi untuk kelengkungan bumi.
2. Survei Geodesi merupakan jenis survei yang berkaitan dengan penentuan ukuran dan bentuk bumi dan juga menyediakan kerangka akurasi tinggi untuk kontrol survei tingkat rendah. Diperlukan standar akurasi tertinggi. Survei geodesi mencakup wilayah yang relatif luas (misalnya negara bagian atau negara).

Survei merupakan sebuah ilmu, seni dan teknologi untuk menentukan posisi relatif, suatu titik di atas, atau di bawah permukaan bumi. Dalam arti yang lebih umum, survei (geomatik) dapat didefinisikan sebuah disiplin ilmu yang meliputi semua metode untuk mengukur dan mengumpulkan informasi tentang fisik bumi dan lingkungan, pengolahan informasi, dan menyebarkan berbagai produk yang dihasilkan untuk berbagai kebutuhan. Survei memiliki peran yang sangat penting sejak awal peradaban manusia. Diawali dengan melakukan pengukuran dan menandai batas-batas pada tanah-tanah pribadi. Dengan berlalunya waktu, kepentingan akan bidang survei terus meningkat dengan meningkatnya permintaan untuk berbagai peta dan jenis spasial terkait informasi lainnya dan memperluas

kebutuhan untuk menetapkan garis yang akurat dan untuk membantu proyek konstruksi.

Survei atau pemetaan topografi dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang permukaan bumi. Survei juga dapat digunakan dalam evaluasi kemajuan tambang sehingga dapat diketahui berapa volume dari batubara yang telah ditambang dan sisa cadangan batubara. Dari evaluasi survei tersebut dapat dilihat arah kemajuan tambang dan dapat merencanakan kegiatan penambangan berikutnya. Pada saat kegiatan eksploitasi juga dilakukan survei untuk dapat mengetahui berapa besar volume batubara yang telah ditambang dan seberapa besar pencapaian target produksi dari kegiatan penambangan tersebut (Azis dkk, 2020).

Ilmu ukur tanah merupakan ilmu sebagai dasar dalam melaksanakan pekerjaan survei atau ukur mengukur tanah. Secara umum tujuan pekerjaan survei adalah untuk:

1. Menentukan posisi sembarang bentuk yang berbeda diatas permukaan bumi
2. Menentukan letak ketinggian (elevasi) segala sesuatu yang berbeda diatas atau dibawah suatu bidang yang berpedoman pada bidang permukaan air laut tenang
3. Menentukan bentuk atau relief permukaan tanah beserta luasnya.
4. Menentukan panjang, arah dan posisi dari suatu garis yang terdapat diatas permukaan bumi yang merupakan batas dari suatu areal tertentu.

Survei tambang adalah cabang ilmu dan teknologi pertambangan yang mencakup semua pengukuran, perhitungan, dan pemetaan yang bertujuan memastikan dan mendokumentasikan informasi di semua tahap, mulai dari prospeksi hingga eksploitasi, dan memanfaatkan endapan mineral baik di permukaan maupun di bawah tanah (Cawood *and* Richards, 2007). Kata *surveyor* digunakan pertama kali pada awal tahun 1500 yang berasal dari kombinasi kata Perancis *sur* dan *voir* yang diartikan sebagai pengawas (Linklater, 2002).

2.2 Metode Tachymetri

Metode *tachymetry* adalah pengukuran menggunakan alat-alat optis, elektronis, dan digital (Purwaamijaya, 2008). Pengukuran titik-titik detail situasi dilakukan

sesudah pengukuran kerangka dasar vertikal dan pengukuran kerangka dasar horizontal dilakukan.

Tachymetry adalah metode survei yang melibatkan penggunaan *tachymeter*, yang merupakan jenis alat pengukur jarak elektronik (EDMI), untuk mengukur jarak, sudut, dan ketinggian. Ini biasa digunakan di berbagai bidang seperti teknik sipil, konstruksi, dan pemetaan topografi (Rubtsov *et al.*, 2019). *Tachymetry* sering digunakan sebagai metode referensi untuk membandingkan akurasi dan kinerja teknik pengukuran lainnya, seperti pemindaian laser terestrial (TLS) dan fotogrametri kendaraan udara tak berawak (UAV) (Prokop *et al.*, 2008).

Tachymetry juga telah digunakan sebagai metode referensi untuk menilai kualitas sinyal sistem satelit navigasi global (GNSS) di tegakan hutan. Dalam sebuah penelitian, *tachymetry* dipilih sebagai metode acuan untuk menentukan struktur (kerapatan) tegakan hutan. Studi ini menggunakan pengukuran GNSS untuk menilai kualitas sinyal GNSS di berbagai jenis vegetasi. Hasilnya menunjukkan penyimpangan posisi kendaraan yang ditentukan oleh GNSS dari rute yang diukur dan ditandai secara *tachymetric*, hal ini mengindikasikan keakuratan penentuan posisi menggunakan GNSS untuk navigasi kendaraan *off-road* (Rybansky *et al.*, 2023).

Selain itu, *tachymetry* telah digunakan dalam pemantauan dan pengukuran struktur tinggi di industri energi. *Tachymetry* diimplementasikan sebagai metode pengukuran jarak langsung optik untuk memantau kondisi geometris berbagai struktur ramping seperti cerobong asap, menara pendingin, dan turbin angin. Studi ini menggunakan *tachymetry* untuk mengukur pergerakan dan penyimpangan struktur dalam dua arah horizontal, memberikan pengukuran yang akurat dengan pengurangan jumlah stasiun (Głopacki, 2022). Singkatnya, *tachymetry* adalah metode survei yang umum digunakan sebagai metode referensi untuk membandingkan akurasi dan kinerja teknik pengukuran lainnya. Ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengukuran, seperti penilaian kualitas sinyal GNSS dan pemantauan struktur tinggi.

Tachymetry adalah metode yang biasa digunakan di pertambangan untuk pengamatan dan pengukuran geodesi (Ilieva *et al.*, 2019). Dalam konteks penambangan, *tachymetry* sering dibandingkan dengan teknik pengukuran lain

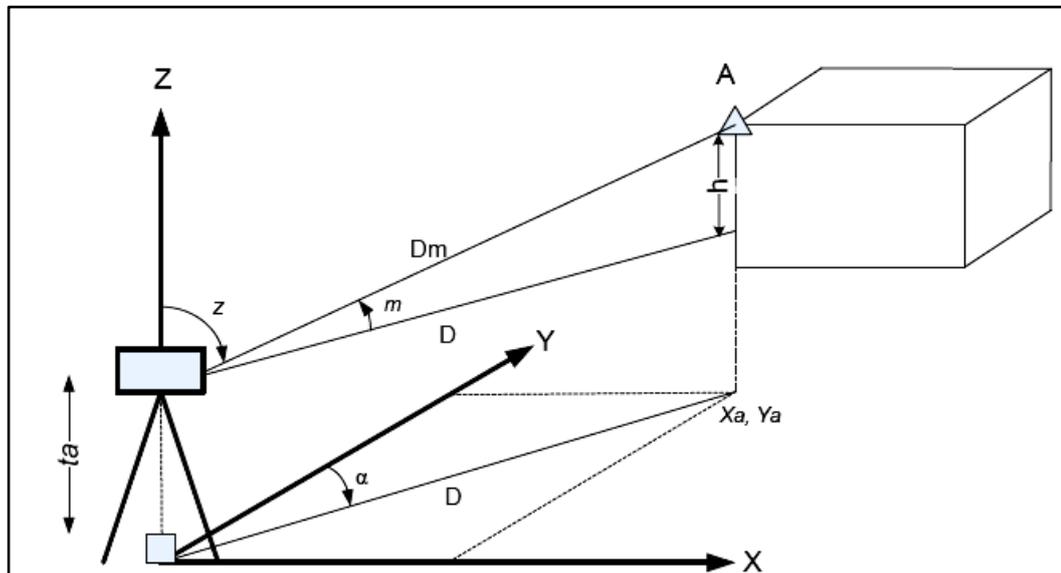
seperti pemindaian laser terestrial (TLS) dan fotogrametri (Kwiatkowski *et al.*, 2020). *Tachymetry* berperan penting dalam pertambangan dengan memberikan pengamatan dan pengukuran geodesi untuk berbagai aplikasi seperti pemodelan subsidensi, memantau deformasi tanah, dan menilai perilaku struktur dari batuan.

Metode *tachymetri* adalah pengukuran menggunakan alat-alat optis, elektronis, dan digital. Metode *tachymetri* didasarkan pada prinsip bahwa pada segitiga-segitiga sebangun, sisi yang sepihak adalah sebanding. Metode *tachymetri* paling bermanfaat dalam penentuan lokasi sejumlah besar detail topografik, baik horizontal maupun vertikal (Maulidin, 2016).

Pengukuran titik-titik detail dengan metode *tachymetry* adalah cara yang paling banyak digunakan dalam praktik, terutama untuk pemetaan daerah yang luas dan untuk detail-detail yang bentuknya tidak beraturan. Pengukuran titik-titik detail metode *tachymetry* relatif cepat dan mudah karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (*azimuth magnetis*), sudut vertikal (*zenith* atau inklinasi) dan tinggi alat (Purwaamijaya, 2008).

Pengukuran titik-titik detail dengan metode *tachymetri* pada dasarnya dilakukan dengan menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital. Dalam pengukuran titik-titik detail pada prinsipnya adalah menentukan koordinat dan tinggi titik – titik detail dari titik-titik ikat. Pengukuran titik-titik detail pada dasarnya dapat dilakukan dengan 2 (dua) metode, yaitu *off-set* dan *tachymetri*. Metode *off-set* menggunakan peralatan sederhana, seperti pita ukur, jalon, meja ukur, mistar, busur derajat, dan lain sebagainya. Metode *tachymetri* menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital. Pengukuran metode *tachymetri* mempunyai keunggulan dalam hal ketepatan dan kecepatan dibandingkan metode *off-set*. Pengukuran titik-titik detail metode *tachymetri* ini relatif cepat dan mudah karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (*azimuth magnetis*), sudut vertikal (*zenith* atau inklinasi) dan tinggi alat. Hasil yang diperoleh dari pengukuran *tachymetri* adalah posisi planimetris X, Y, dan ketinggian Z. Metode *tachymetri* didasarkan pada prinsip bahwa pada segitiga-segitiga sebangun, sisi yang sepihak adalah sebanding. Kebanyakan pengukuran *tachymetri* adalah dengan garis bidik miring karena adanya keragaman topografi, tetapi perpotongan benang stadia dibaca pada rambu

tegak lurus dan jarak miring direduksi menjadi jarak horizontal dan jarak vertikal (Purwaamijaya, 2008). Ilustrasi metode *tachymetri* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode *tachymetri* (Purwaamijaya, 2008)

Keterangan gambar:

- A : Sudut jurusan ($^{\circ}$)
- m : Sudut miring ($^{\circ}$)
- Dm : Jarak miring (m)
- D : Jarak datar (m)
- ta : Tinggi alat (m)
- \triangle : Titik kontrol bangunan
- \square : Titik kerangka dasar

Perhitungan koordinat metode *tachymetri* dapat dilihat pada persamaan (1), persamaan (2), dan persamaan (3).

$$X = Xa + d. \sin \alpha \quad (1)$$

$$Y = Ya + d. \cos \alpha \quad (2)$$

$$Z = (sd. \sin z) - (t_{prisma} - t_{alat}) \quad (3)$$

dimana,

- X, Y, Z : Koordinat objek (m)
- Xa, Ya : Koordinat titik sebelumnya (m)
- α : Azimuth/sudut jurusan ($^{\circ}$)

- d : Jarak mendatar antar titik (m)
 sd : Jarak miring (m)
 z : Sudut *zenith* pada alat ukur (°)

Penentuan beda elevasi dengan *tachymetry* dapat dibandingkan dengan sipat datar memanjang sesuai bidikan, dan pembacaan rambu sesuai bidikan minus. Pengukuran metode *tachymetry* menggunakan alat *theodolite*, baik yang bekerja secara optis maupun elektronis digital yang sering dinamakan dengan *total station*. Penggambaran hasil pengukuran *tachymetry* dapat dengan manual ataupun dengan program komputerisasi.

2.3 Total Station

Saat ini telah banyak theodolit elektronik yang digabung atau dikombinasikan dengan alat pengukuran jarak elektronik (PJE) dan pencatat alat (kolektor) elektronik menjadi alat takheometer elektronik (ATE), yang dikenal dengan sebutan *total station*. Alat ini dapat membaca dan mencatat sudut horizontal dan vertikal bersama-sama dengan jarak miringnya. Bahkan alat ini juga dilengkapi dengan mikroprosesor sehingga dapat melakukan bermacam-macam operasi perhitungan matematis seperti merata-rata hasil sudut ukuran dan jarak-ukuran, menghitung koordinat (x, y, z), menentukan ketinggian objek dari jauh, menghitung jarak antara objek-objek yang dimati, koreksi atmosfer dan koreksi alat. (Basuki, 2006)

Selain dapat mencatat data, *total station* juga mempunyai kelebihan-kelebihan lain yang berbeda untuk setiap pabrik. Selain bisa digunakan untuk mengukur jarak datar dari objek-objek yang dibidik, alat tersebut dapat pula mengetahui jarak miring antar objek tersebut. Alat ini dapat dipakai secara individu untuk menghitung kesalahan penutup poligon dan menghitung perataan, maupun sebagai bagian dari sistem sebagai pengumpul data, perhitungan secara digital dan plotting secara otomatis (Basuki, 2006).

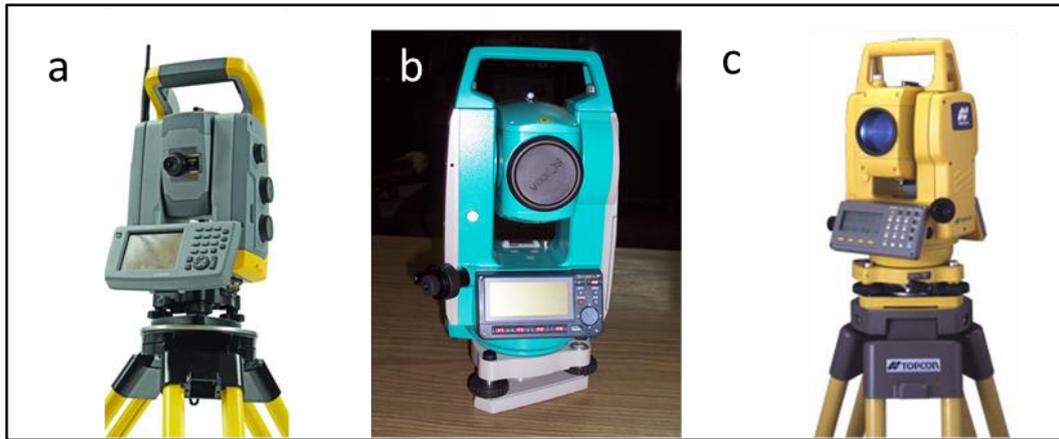
Total station merupakan alat ukur yang dilengkapi dengan *chip memory*, sehingga data pengukuran sudut dan jarak dapat disimpan untuk kemudian di-*download* dan diolah secara *computerize*. Komponen *keyboard* pada *total station* memiliki fungsi yang berbeda-beda yang digunakan untuk membantu melakukan

pengerjaan pengukuran. Tata cara alat ukur *total station* tergantung dari pabrik pembuatnya sedangkan ketelitiannya tergantung dari tipe dan kelasnya masing-masing (Basuki, 2006).

Total station dapat digunakan pada sembarang tahapan survei, survei pendahuluan, survei titik kontrol, dan survei pematokan. *Total station* terutama cocok untuk survei topografi dimana *surveyor* membutuhkan posisi (x, y, z) dari sejumlah detail yang cukup banyak (700 s/d 1000 titik per hari), dua kali lebih banyak dari data yang dapat dikumpulkan dengan alat *theodolite* biasa (stadia) dan EDM. Hal ini akan sangat berarti dalam hal peningkatan produktifitas, dan akan menjadikan cara ini dapat bersaing dengan teknik fotogrametri atau survei udara, apalagi telah dapat dihubungkan langsung dengan komputer atau plotter Basuki, 2006).

Total station adalah kombinasi dari pengukuran jarak elektronik, teodolit elektronik dan kalkulator terprogram dan dapat dikatakan sebagai teodolit *tacheometer* elektronik. Sistem pengukuran sudut *total station* mirip dengan teodolit elektronik, sistem pengukuran sudut dinamis yang digunakan di *total station* menggunakan banyak parameter untuk setiap pembacaan sudut baik horizontal maupun vertikal. Hal ini dilakukan untuk memperkecil kemungkinan kesalahan dalam pembacaan nilai. Parameter lain seperti jarak horizontal, koordinat, level, dan sebagainya juga dihitung secara otomatis dan ditampilkan secara digital (Bahuguna *et al.*, 2006).

Sistem pencitraan laser pada *total station* menyediakan pengguna vektor tiga dimensi yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran pada wilayah yang sulit dijangkau. Kegiatan penambangan merupakan kegiatan perpindahan volume material dari satu tempat ke tempat lain yang bisa menghabiskan banyak waktu untuk mengukur volume material tersebut. Selain itu, sebagian besar tambang memiliki area yang sulit diakses sehingga sulit untuk disurvei. Pemetaan laser memungkinkan untuk melakukan survei dengan akurasi tinggi dari jarak yang aman. Fasilitas *total station* ini memberikan lebih banyak detail, yang memungkinkan untuk menggunakan data dalam pekerjaan desain yang lebih detail atau dalam penilaian geoteknik (Bahuguna *et al.*, 2006). Alat ukur *total station* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat ukur *total station* dalam berbagai model (Bahuguna *et al.*, 2006)

Adapun prosedur-prosedur untuk menggunakan *total station* dalam pekerjaan survei dan pemetaan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Masukkan data awal (*Initial Data Entry*)
2. Mempelajari keterangan detail/objek
3. Masukkan data titik stasiun
4. Data masukkan dari titik detail

2.4 Tanah Penutup (*Overburden*)

Tanah penutup (*overburden*) dalam penambangan batubara mengacu pada lapisan batuan dan tanah yang terletak di atas lapisan batubara. Material ini harus dihilangkan atau digali untuk memudahkan dalam menambang batubara.

Overburden adalah lapisan tanah penutup tanpa nilai ekonomis atau bernilai ekonomis kecil yang menutupi/membungkus sebuah cadangan bahan galian, biasanya terdiri dari lapisan *topsoil*, *subsoil*, dan lapisan tanah inti. Lapisan paling atas (*top soil*) adalah lapisan yang mengandung banyak unsur hara, dimana lapisan ini nantinya akan digunakan sebagai lapisan penutup saat tambang tidak beraktifitas atau berhenti untuk dilakukan reklamasi atau penanaman tumbuhan kembali. Pada industri pertambangan biasanya *overburden* digali dan dipindahkan pada suatu tempat khusus yang telah disiapkan (*disposal area*) untuk diambil bahan galiannya.

Overburden merupakan material yang terdapat di permukaan dan sifatnya dapat dikatakan lepas. *Overburden* terdiri dari tiga jenis material yaitu material *top soil*, *common soil* dan *rock* (Tenriajeng, 2003). Definisi dari ketiga jenis material tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Top soil*

Top soil merupakan materi bagian atas yang sifatnya lunak dan mudah digali. Contoh material *top soil* adalah material eks-penimbunan dan memiliki kedalaman kurang lebih 2 m. Karena sifat dari materi *top soil* yang lunak dan mudah digali maka penggaliannya cukup dengan menggunakan *excavator backhoe*. Adapun material *top soil* yang digali berupa tanah yang mengandung *humus*.

2. *Common soil*

Common soil merupakan material yang sifatnya agak keras dan agak sulit digali, sehingga penggaliannya tidak dapat menggunakan *excavator*, melainkan terlebih dahulu harus di-*ripping* menggunakan *bulldozer*. Material yang termasuk *common soil* adalah *shale*, *sillsstone*, *clay*, dan lain-lain.

3. *Rock*

Rock merupakan material yang sangat keras dan sulit digali dengan menggunakan alat berat sehingga untuk melepaskan material *rock* yaitu dengan peledakan. Material yang termasuk *rock* adalah granit, andesit, *sandstone* dan lain-lain.

Pengupasan tanah penutup merupakan pekerjaan awal dalam suatu operasi penambangan. Adapun dalam pekerjaan *stripping overburden* ini sangat penting agar didapat *stripping ratio* yang baik dan *recovery* batubara yang tinggi. Pada tahap ini juga akan dibuat *bench-bench* sebagai tempat kerja alat berat.

Berdasarkan kondisi volumenya, tanah dapat diubah-ubah. Dikenal tiga macam volume tanah yaitu volume asli (*bank*), volume lepas (*loose*) dan volume padat (*compacted*) (Tenriajeng, 2003). Adapun penjelasan dari masing-masing volume diatas adalah:

1. Volume asli (*insitu/bank*) adalah volume tanah yang belum diganggu dengan alat-alat berat. Biasanya volume ini dijadikan dasar bagi perhitungan tanah. Satuan yang digunakan adalah *bank cubic meter (bcm)*.
2. Volume lepas (*loose*) adalah volume tanah setelah dibongkar atau dikeruk dari tempat asalnya. Misalnya tanah yang sudah didorong dengan menggunakan *bulldozer*, diangkut *dump truck* atau ditempat penimbunan

yang belum dipadatkan. Satuan yang digunakan adalah *loose cubic meter* (lcm).

3. Volume padat (*compacted*) adalah volume tanah yang sudah ditimbun dan sudah dipadatkan, misal sebagai badan jalan, landasan *stockpile* batubara dan sebagainya. Satuan yang digunakan adalah *compacted cubic meter* (ccm).



Gambar 3. Tempat penyimpanan *overburden* (*disposal area*) pit LCV

2.4.1 Karakteristik lapisan tanah penutup (*overburden*)

Karakteristik *overburden* dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti kedalaman lapisan batubara, jenis batuan dan tanah yang ada, serta metode penambangan yang digunakan. *Overburden* dapat tersusun dari berbagai macam material, termasuk tanah, batuan, dan tumbuh-tumbuhan, dan ketebalannya dapat sangat bervariasi tergantung pada lokasi dan jenis endapan yang ditambang. Meskipun sama-sama material tidak berharga, namun *overburden* berbeda dengan *interburden*. *Overburden* adalah material yang berada di atas *ore* yang perlu dikeluarkan untuk mengakses material yang akan ditambang, sedangkan *interburden* adalah material yang berada di antara dua lapisan deposit *ore*.

Ketebalan lapisan batubara dapat mempengaruhi karakteristik dari *overburden*. Pada tambang dengan lapisan batubara yang tebal, area kerusakan lapisan batuan dapat semakin besar seiring dengan periode kegiatan penambangan (Du *et al.*, 2020). Ketebalan *overburden* dapat mempengaruhi perpindahan berat dan distribusi tegangan pada lapisan yang dapat berdampak pada stabilitas tambang.

Karakteristik rekahan juga penting dalam studi *overburden*. Rekahan pada *overburden* dapat mempengaruhi pengangkutan air tanah, aliran gas, dan penurunan serta pergerakan lapisan dari batuan permukaan (Cai *et al.*, 2022). Memahami karakteristik rekahan dan zonasi lapisan penutup dapat membantu pencegahan bencana tambang batubara (Ti *et al.*, 2021).

Lapisan tanah penutup (*overburden*) yang dapat ditemui umumnya dikelompokkan menjadi beberapa sifat yaitu (Tenriajeng, 2003):

1. Material yang sangat mudah digali (sangat lunak)
 - a. Material yang mengandung sedikit air, misalnya pasir, tanah biasa, kerikil, campuran pasir dengan tanah biasa.
 - b. Material yang banyak mengandung air, misalnya pasir lempungan, lempung pasiran, lumpur dan pasir yang banyak mengandung air.
2. Material yang lebih keras (lunak)

Misalnya tanah biasa yang bercampur kerikil, pasir yang bercampur kerikil.
3. Material yang setengah keras (sedang)

Misalnya batubara, *shale* (*clay* yang sudah mulai kompak), batuan kerikil yang mengalami sementasi dan pengompakan, batuan beku yang sudah mulai lapuk, dan batuan-batuan yang sudah mengalami banyak rekahan-rekahan.
4. Material yang keras

Misalnya *sandstone*, *limestone*, *slate*, batuan beku yang mulai lapuk, mineral – mineral penyusun batuan yang telah mengalami sementasi dan pengompakan.
5. Material sangat keras

Misalnya batu – batuan beku dan metamorf, contohnya granit, andesit, *slate*, kwarsit dan sebagainya.
6. Batuan yang massif

Yaitu batu-batuan yang sangat keras dari kelompok seperti batuan beku berbutir halus.

2.4.2 Metode pengupasan tanah penutup (*overburden*)

Salah satu tahap operasional penambangan yaitu pengupasan tanah penutup (*stripping overburden*). Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*)

merupakan suatu proses pemindahan lapisan tanah penutup yang bertujuan untuk mengambil bahan galian yang berada di bawahnya. Kegiatan pengupasan *overburden* dilakukan pada tahapan awal penambangan.

Tahapan ini dilakukan untuk memudahkan saat pengambilan *ore*. Bila material tanah penutup merupakan material lunak (*soft rock*) maka pada tanah penutup tersebut akan dilakukan penggalian bebas. Namun bila materialnya merupakan material kuat, maka terlebih dahulu dilakukan pembongkaran dengan peledakan (*blasting*) kemudian dilakukan kegiatan penggalian.



Gambar 4. Kegiatan overburden removal di PT Kutai Energi

Menurut Tenriajeng (2003), adapun metode dari pengupasan lapisan material penutup, yaitu:

1. *Backfilling Digging Methode*

Pada cara ini material ini penutup dibuang ke tempat pembuangan bekas penambangan atau daerah yang tidak memiliki lapisan batubara didalamnya. Cara ini cocok untuk material penutup yang bersifat tidak diselingi oleh berlapis-lapis endapan bahan galian, material atau batuan lunak, serta letaknya mendatar.

2. *Benching System*

Cara ini dilakukan dengan menggunakan sistem jenjang (*benching*) pada waktu pengupasan lapisan material penutup. Sistem ini cocok untuk material penutup yang tebal dan bahan galian yang cukup tebal.

3. *Multi Bucket Excavator System*

Pada pengupasan cara ini, material penutup dibuang ketempat yang sudah digali atau ke tempat pembuangan khusus. Caranya yaitu dengan menggunakan *Bucket Wheel Excavator* (BWE), sistem ini cocok untuk material yang memiliki sifat lunak dan tidak lengket.

4. *Drag Scraper System*

Cara ini biasanya pengambilan material penutup diikuti pengambilan bahan galian setelah material penutup dibuang, tetapi bisa juga material penutup diambil terlebih dahulu berikutnya pengambilan bahan galian tambang. Sistem ini sangat cocok untuk material penutup yang memiliki sifat lunak dan lepas.

2.5 Faktor Pengembangan Material (*Swell Factor*)

Swell factor adalah suatu material yang terdapat di alam dalam keadaan padat dan terkonsolidasi dengan baik sehingga sedikit bagian yang kosong atau ruang-ruang yang terisi oleh udara akan tetapi jika material tersebut digali dari tempat aslinya, maka akan terjadi faktor pengembangan atau pemuai volume (*swell*) sehingga akan terjadi suatu penambahan volume (Prodjosumarto,1993).

Pengembangan (*swell*) adalah persentase pemberaian volume material dari volume asli yang dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah material yang harus dipindahkan kedudukan aslinya (Tenriajeng, 2003). Faktor pengembangan juga dapat diketahui dari perbandingan densitas material lepas dan densitas material insitunya. Densitas adalah berat per unit volume dari suatu material. Material mempunyai densitas yang berbeda karena dipengaruhi sifat-sifat fisiknya. Untuk menentukan nilai faktor pengembangan (*swell factor*) material dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai faktor pengembangan (*swell factor*)

No	Macam Material	Densitu Insitu (lb/cu yd)	Swell Factor (%)	Densitu Insitu (lb/cu yd)	% Swell
1	Bauksit	2700 – 4325	76	2025 – 3243,75	0,33
2	Tanah liat kering	2300	85	1955	0,18
3	Tanah liat basah	2800 – 3000	80 – 82	2240 – 2460	0,22 – 0,25
4	Antrasit	2200	74	1628	0,35
5	Batubara bituminous	1900	74	1406	0,35
6	Bijih tembaga	3800	74	2812	0,35
7	Tanah biasa kering	2800	85	2380	0,18
8	Tanah biasa basah	3370	85	2864,5	0,18
9	Kerikil kering	3250	89	2892,5	0,12
10	Kerikil basah	3600	88	3168	0,14
11	Granit pecah- pecah	4500	56 – 67	2520 – 3752	0,49 – 0,79
12	Hematit pecah- pecah	6500 – 8700	45	2925 – 3915	1,22
13	Bijih besi pecah- pecah	3600 – 5500	45	1620 – 2475	1,22
14	Batukapur pecah- pecah	2500 – 4200	57 – 60	1425 – 2520	0,66 – 0,75
15	Lumpur	2160 – 2970	83	1792,8 – 2465,1	0,2
16	Lumpur sudah ditekan	2970 – 3510	83	2465,1 – 2913,3	0,2
17	Pasir kering	2200 – 3250	89	1958 – 2829,5	0,12
18	Pasir basah	3300 – 3600	88	2904 – 3168	0,14
19	Serpilh (<i>shale</i>)	3300 – 3600	75	2250	0,33
20	Batu sabak (<i>slate</i>)	4590 – 4860	77	3534,4 – 3742,2	0,3

Sumber: Pfeider, Eugene (1968)

Adapun cara untuk menghitung *swell factor* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$SF = \frac{\text{bank volume}}{\text{loose volume}} \quad (4)$$

dimana,

SF = *Swell factor*

Bank volume = Volume material sebelum digali

Loose volume = Volume material yang ditangani

2.6 Peralatan Pemindahan Tanah Mekanis

Kegiatan pemindahan tanah mekanis merupakan rangkaian kerja alat muat dan alat angkut, untuk memindahkan tanah dan memuat tanah ke dalam bak *dump truck*, kemudian *dump truck* mengangkut tanah ke lokasi pembuangan (Rochmadi,1990), sedangkan alat muat yang digunakan adalah *excavator*.

Pada dasarnya prinsip dasar pemindahan tanah mekanis adalah memindahkan material (tanah) dari suatu tempat ke tempat lainnya. Akan tetapi proses pekerjaan dan pelaksanaannya dapat berbeda-beda, hal ini dimungkinkan karena adanya faktor-faktor sebagai berikut:

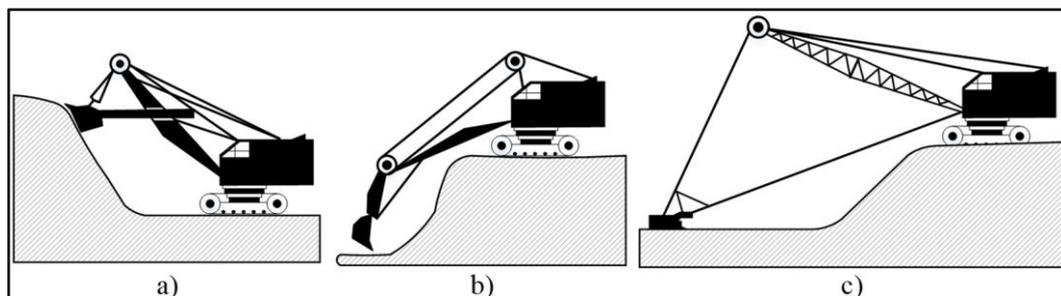
1. Sifat-sifat fisik material atau tanah
2. Alat mekanis yang digunakan
3. Jarak angkut atau pemindahan
4. Tujuan akhir pekerjaan
5. Keadaan situasi atau kondisi lapangan
6. Tuntutan kualitas
7. Skala proyek
8. Faktor ekonomis

2.6.1 *Excavator*

Excavator berperan penting dalam industri pertambangan, khususnya dalam penambangan terbuka berskala besar dan pekerjaan konstruksi lainnya. Umumnya *excavator* digunakan untuk kegiatan pemindahan tanah, termasuk mengumpulkan dan memindahkan batu besar ke truk pembuangan dan lokasi lain (Sotiropoulos and Asada, 2020).

Dalam penambangan terbuka, *excavator* digunakan untuk aktivitas pengupasan, pemindahan batuan, dan membentuk timbunan (Tytiuk *et al.*, 2023). *Shovel excavator* dengan penggerak hidrolik banyak digunakan dalam operasi penggalian dan pemuatan, terutama pada lokasi dengan pasokan listrik terbatas (Ivanov and Dzyurich, 2022).

Penempatan *bucket excavator* yang baik juga sangat berpengaruh dalam pengoperasiannya (Tytiuk *et al.*, 2021). Fungsi otomatis dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi konsumsi energi secara signifikan dengan melakukan tugas berulang seperti memindahkan *bucket* ke titik bongkar dan kembali ke *front loading* (Tytiuk *et al.*, 2021). Jenis-jenis *excavator* dengan *bucket* tunggal dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 5. *Excavator bucket tunggal*: a) *power shovel*; b) *backhoe*; c) *dragline*

2.6.2 *Dump truck*

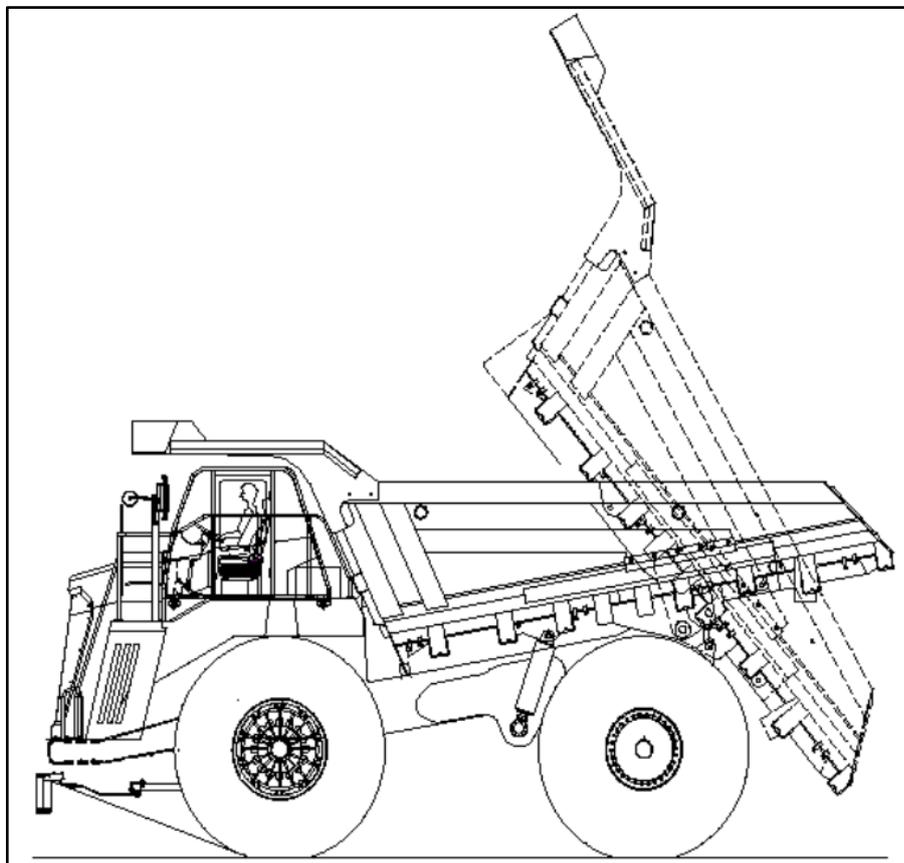
Dump truck merupakan salah satu alat berat yang memainkan peran penting dalam operasi penambangan batubara, khususnya di tambang terbuka dimana batubara dan lapisan tanah penutup perlu diangkut dari lokasi penggalian ke lokasi pembuangan (Murthy *et al.*, 2015).

Dump truck digunakan bersama dengan *excavator* dan alat berat lainnya untuk memindahkan material lapisan penutup pada tambang dalam jumlah besar. Material *overburden*, yang umumnya terdiri dari batupasir, batugamping, dan fragmen serpih akan disimpan pada tempat pembuangan atau dikenal dengan sebutan *disposal* (Acton *et al.*, 2011).

Penggunaan *dump truck* pada industri pertambangan memiliki banyak tantangan. Salah satu tantangan utama adalah pengerahan *dump truck* secara efisien di lokasi tambang yang memiliki kondisi geologis yang berbeda. Penggalian dan

pengangkutan massa batuan yang diledakkan merupakan aktivitas yang cukup mahal mengingat jumlah tanah lapisan atas dan batubara yang harus diangkut, serta biaya bahan bakar, listrik, biaya *maintenance*, dan waktu henti atau *downtime* (Emanov *et al.*, 2014).

Dump truck yang digunakan di pertambangan juga memiliki resiko lebih besar mengalami kerusakan. Hal ini disebabkan kondisi medan yang keras di dalam tambang dan muatan batu dari ketinggian tertentu dapat menyebabkan tingkat getaran, beban benturan dan fenomena getaran yang tinggi yang dapat menyebabkan getaran dan berpotensi merusak struktur dari *dump truck* tersebut (Selvaraj *and* Jamadagni, 2023).



Gambar 6. Ilustrasi struktur dan tampilan pada *dump truck* tambang (Zhao *et al.*, 2012)

2.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pemindahan Tanah Mekanis

Pemindahan tanah penutup yaitu pemindahan suatu lapisan tanah atau batuan yang berada di atas cadangan bahan galian, agar bahan galian tersebut menjadi tersingkap. Untuk mewujudkan kondisi kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup yang baik diperlukan alat yang mendukung dan sistematika pengupasan yang baik.

Pada kenyataannya di lapangan waktu kerja yang tersedia tidak dapat digunakan sepenuhnya dikarenakan adanya hambatan-hambatan yang dapat mengurangi waktu kerja tersedia (Natalia, 2021).

Waktu kerja efektif adalah waktu dimana operator beserta alat benar-benar bekerja atau berproduksi. Waktu kerja efektif ini merupakan hasil dari waktu kerja tersedia yang telah dikurangi oleh waktu hambatan (waktu istirahat). Waktu kerja efektif berpengaruh terhadap efisiensi kerja alat, akan tetapi kenyataan waktu kerja efektif dipengaruhi oleh faktor-faktor kesediaan alat itu sendiri sedangkan faktor kesediaan alat itu dipengaruhi oleh waktu-waktu hambatan antara lain (Natalia, 2021):

1. Hambatan dapat dihindari
 - a. Persiapan alat meliputi pengecekan alat dan pemanasan mesin secara rutin dilakukan sebelum alat akan dioperasikan baik alat muat maupun alat angkut.
 - b. Keterlambatan operasi sebagai akibat kurangnya kedisiplinan para pekerja sehingga mengakibatkan terlambat operasi.
 - c. Pergantian operator pada saat melakukan kegiatan sehingga hilangnya waktu kerja beberapa saat sampai operator pengganti kembali bekerja.
 - d. Berhenti sebelum istirahat dan sesudah istirahat disebabkan operator istirahat sebelum waktu dan melebihi waktu istirahat yang ditetapkan.
2. Hambatan tidak dapat dihindari
 - a. Pengisian bahan bakar, disebabkan karena waktu yang digunakan untuk mengisi bahan bakar saat jam kerja beroperasi nya alat.
 - b. Hujan dan pengeringan jalan, terhentinya kerja alat karena adanya gangguan cuaca.
 - c. Kerusakan alat, terhentinya kerja alat karena mengalami kerusakan dan harus dilakukan perbaikan.

2.8 Taksiran Produktivitas

Taksiran produktivitas pertambangan batubara mengacu pada pengukuran atau analisis efisiensi dan efektivitas operasi pertambangan batubara. Taksiran ini menilai *output* atau hasil produksi yang dicapai dibandingkan dengan *input* atau

sumber daya yang digunakan dalam proses penambangan. Berbagai faktor dapat memengaruhi produktivitas pertambangan batubara, termasuk kemajuan teknologi, efisiensi tenaga kerja, penggunaan peralatan, dan praktik manajemen.

Produktivitas pada industri pertambangan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu (Suryadharman dan Wigroho, 1993):

1. Produktivitas tenaga kerja

Selain dari ketersediaan tenaga kerja, pelaksana harus mencari tenaga kerja baru untuk mencukupi keperluan tenaga kerja. Hal ini mengharuskan untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja yang dibutuhkan, seperti tenaga kerja berpendidikan tinggi, operator alat berat dan lain sebagainya yang tentunya memerlukan suatu perencanaan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik.

2. Produktivitas alat berat

Produktivitas alat berat yaitu kemampuan alat berat untuk bekerja. Hubungan antara tenaga yang dibutuhkan, tenaga yang tersedia dan tenaga yang dimanfaatkan sangat berpengaruh pada produktivitas suatu alat berat (Suryadharma dan Wigroho, 1993). Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (*input*). Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat (*cycle time*). Dengan demikian satu siklus alat berarti pula satu nilai produksi, sesuai dengan kapasitas alatnya. Cepat atau lambatnya waktu siklus akan sangat menentukan tinggi rendahnya produktivitas (Rostiyanti, 2008).

2.8.1 Taksiran produktivitas *excavator*

Keuntungan *backhoe/excavator* ini ialah menggali sambil mengatur dalamnya galian yang lebih baik. Karena kekakuan konstruksinya, *backhoe/excavator* ini lebih menguntungkan untuk penggalian dengan jarak dekat dan memuatkan hasil galian ke truk. Setelah *bucket* terisi penuh lalu diangkat dari tempat penggalian dan dilakukan *swing*, dan pembuangan material hasil galian dapat dilakukan ke truk atau tempat yang lain.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas *excavator*, yaitu (Nugraheni, 2020):

1. Keadaan pekerjaan, keadaan dan jenis tanah adalah salah satu faktor dari keadaan pekerjaan yang berpengaruh. Jarak pembuangan dan kemampuan operator mengendalikan alat berat dan banyak faktor yang berpengaruh lainnya.
2. Keadaan mesin, alat berat yang dipakai harus di cek secara berkala. Tak hanya kapasitas bucket dan alat pelengkap yang dipakai dianjurkan sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan.
3. Kapasitas pengangkatan, hal ini berpengaruh pada kedalaman galian dan suhu putaran. Hal ini berpengaruh pada lamanya waktu.
4. Siklus pengisian *bucket* hingga penuh dengan beberapa kali gerakan atau dengan mengisi dan membawa bucket berisi material yang seadanya dari hasil satu kali galian.

2.8.2 Taksiran produktivitas *dump truck*

Perhitungan produktivitas *dump truck* dihitung dengan mengetahui berapa lama siklus dari *dump truck* tersebut. Dimulai dari berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengisi bak *dump truck*, berapa lama waktu yang diperlukan *dump truck* berjalan ke lokasi penuangan material, berapa lama waktu yang diperlukan untuk *dump truck* melakukan *dumping* dan berapa lama waktu siklus *dump truck*.

Waktu siklus adalah didapat dengan menjumlahkan seluruh elemen - elemen gerakan, dari dimuati, berjalan, *dumping* dan ke balik posisi dimuati. Produktivitas *dump truck* ditentukan oleh beberapa faktor meliputi waktu kerja, kondisi kerja dan tata laksana. Faktor lain yang mempengaruhi produktivitas *dump truck* adalah situasi dan kondisi jalan kerja untuk mendapatkan efisiensi kerja yang tinggi, maka produktivitas harus ditingkatkan.

Produktivitas *dump truck* bergantung pada waktu siklus pengerjaan proyek konstruksi. Waktu siklus *dump truck* terdiri dari (Nugraheni, 2020):

1. Waktu muat, adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengangkut material ke dalam *dump truck*. Waktu muat tergantung pada:
 - a. Ukuran dan jenis *dump truck*,
 - b. Jenis dan kondisi material yang dimuat,
 - c. Kapasitas *dump truck*,

- d. Kemampuan operator mengoperasikan *dump truck*.
2. Waktu berangkat atau pengangkutan, tergantung pada:
 - a. Jarak tempuh,
 - b. Kondisi jalan yang dilalui.
3. Waktu pembongkaran material, tergantung pada:
 - a. Jenis dan kondisi material,
 - b. Cara pembongkaran material,
 - c. Jenis alat pengangkutan.
4. Waktu kembali, adalah waktu yang di butuhkan untuk pengambil posisi bak untuk dimuati *loader*.

2.9 Metode Perhitungan Volume *Overburden*

2.9.1 Metode *cut and fill*

Metode *cut and fill* merupakan metode perhitungan yang umumnya digunakan dalam penambangan batubara, khususnya dalam operasi tambang terbuka, untuk perhitungan lapisan tanah penutup. Metode ini dilakukan dengan bantuan *software* tambang *Minescape* yang berfungsi untuk memfasilitasi perencanaan dan evaluasi desain permukaan tanah penutup dan perhitungan volume.

Keuntungan menggunakan metode *cut and fill* dengan *software Minescape* antara lain dapat menghitung secara akurat volume *overburden* yang akan digali dan ditimbun kembali. Informasi ini sangat penting untuk perencanaan tambang dan pengelolaan sumber daya. Selain itu, *software Minescape* memungkinkan perbandingan volume yang digali dan ditimbun, untuk memudahkan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan perbedaan dalam perhitungan volume. Hal ini dapat membantu meningkatkan akurasi dan efisiensi operasi pemindahan lapisan penutup.

Di sisi lain metode *cut and fill* juga memiliki keterbatasan, salah satunya adalah ketersediaan dan kesesuaian bahan pengisi. Bahan timbunan yang digunakan dalam metode *cut and fill* harus sesuai dengan kondisi lingkungan sekitarnya dan memenuhi persyaratan teknik tertentu. Keterbatasan lainnya adalah potensi dampak lingkungan dari bahan limbah yang dihasilkan selama proses penimbunan kembali.

2.9.2 Metode *truck count*

Truck count merupakan hasil produksi pada area penambangan yang dicatat oleh bagian pencatat produksi (*checker*) berupa catatan *ritase* alat muat *dump truck* dalam satu hari dengan masing-masing muatan (Hasvah dan Maiyudi, 2021).

Adapun cara menghitung volume *truck count* dapat dilihat pada persamaan (5).

$$\text{Truck count} = n \times C \times p \quad (5)$$

dimana,

n = Jumlah ritase

C = Kapasitas *vessel dump truck* (m³)

p = Densitas material (ton/m³)

2.10 Deviasi

Deviasi dalam penambangan batubara mengacu pada perbedaan atau penyimpangan dari hasil yang diharapkan dalam berbagai aspek operasi penambangan batubara, seperti akurasi pengeboran dan rencana produksi.

Deviasi produksi di pertambangan batubara diartikan pada penyimpangan dari tingkat produksi batubara yang diharapkan atau diinginkan. Beberapa faktor dapat menyebabkan penyimpangan dalam produksi, antara lain kondisi geologis, faktor teknologi, faktor industri, dan tantangan operasional.

Faktor geologi berperan penting dalam menentukan kualitas dan kuantitas cadangan batubara. Variasi ketebalan, kedalaman, dan komposisi lapisan batubara dapat menyebabkan penyimpangan tingkat produksi (Osipova, 2022). Faktor teknologi dan industri juga mempengaruhi fluktuasi produksi di pertambangan batubara. Faktor-faktor seperti kerusakan peralatan, masalah pemeliharaan, dan inefisiensi operasional juga dapat menyebabkan penyimpangan produksi (Souza *et al.*, 2010).

Masalah operasional seperti masalah keselamatan dan regulasi lingkungan dapat memengaruhi operasi penambangan batubara dan menyebabkan penyimpangan dari target produksi. Insiden keselamatan, kecelakaan, atau kebutuhan akan tindakan keselamatan tambahan dapat mengganggu produksi dan menyebabkan deviasi (Wang *et al.*, 2021).

Dalam menghitung deviasi terlebih dahulu harus dicari rata-rata dari harga mutlak selisih antara tiap-tiap data dengan *mean*-nya. Cara menghitung deviasi dapat dilihat pada persamaan (6) dan persamaan (7) (Hasvah dan Maiyudi, 2021).

$$\%Selisih = \frac{(V_1 - V_2)}{V_1} \times 100\% \quad (6)$$

dimana,

V_1 = Hasil metode *cut and fill*

V_2 = Hasil metode *Truck count*

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_1 - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (7)$$

dimana,

σ = Standar deviasi

\bar{x} = Rerata hitung

X_1 = Nilai data di setiap pengamatan

n = Total dari jumlah pengamatan